DOI: 10.22067/jfcei.2022.74235.1103　　https://civil-ferdowsi.um.ac.ir/

ارزیابی خطر طغیان شط‌العرب در محدوده شهرستان بصره*

مقاله پژوهشی

حسین اعتمادفرد[1]　　نعمه الدیراوی[2]　　حامد خرقانی[3]

چکیده *رود شط‌العرب حدوداً به طول ٢٠٠ کیلومتر است و از به هم پیوستن دو رود دجله و فرات در شهر قرنه که در ٧٤ کیلومتری شمال غربی شهر بندری بصره در جنوب عراق واقع شده‌است، شکل می‌گیرد. این رود تحت تأثیر تغییرات اقلیمی، باران‌های مکرر و مستعد خطر و ریسک طغیان رود و هم‌چنین جاری شدن سیل است. حوضه رودخانه شط‌العرب در محدوده شهرستان بصره شاهد وقوع سیلاب‌ها و نتایج مخرب آن بوده‌است. هدف از این پژوهش ارزیابی و تحلیل مکانی خطر طغیان رود شط‌العرب در محدوده شهرستان بصره عراق با بهره‌گیری از سیستم اطلاعات مکانی (GIS) می‌باشد. در این پژوهش از GIS برای برآورد و ارزیابی مکانی و پهنه‌بندی مناطق طغیان رود شط‌العرب در منطقه بصره با بهره از داده‌های موجود استفاده خواهد شد. با مشخص نمودن انواع کاربری‌های اطراف رودخانه، تحلیل دقیقی از نحوه توزیع آن‌ها در مناطق با خطرپذیری مختلف ارائه می‌کند. نتایج نشان می‌دهد که کاربری زمین‌های کشاورزی با توجه به مساحت زیادی که دارند بیش از سایر کاربری‌ها در معرض خطر طغیان قرار دارد. نتایج این تحقیق می‌تواند تأثیر زیادی در پیشگیری از ایجاد صدمات جبران‌ناپذیر طغیان در این محدوده داشته باشد.*

واژه‌های کلیدی تحلیل مکانی، طغیان رودخانه، سامانه اطلاعات مکانی، شط‌العرب، بصره..

مقدمه

سیل یکی از متداول‌ترین، گسترده‌ترین و پرهزینه‌ترین بلایای طبیعی در جهان است. براساس گزارش سازمان ملل متحد، سیل در مقایسه با هر مخاطره دیگری بیشترین تلفات را به‌همراه دارد [1]. سیل را می‌توان به سه گروه طبقه‌بندی کرد: الف) سیل‌های ناگهانی که معمولاً در عرض ٦ ساعت پس از بارندگی شدید رخ می‌دهند، ب) طغیان رودخانه‌ها در دشت، ناشی از بارش‌های مداوم در مناطق بزرگ حوضه آبریز و ج) سیل‌های ساحلی، ناشی از طوفان‌های ساحلی که اغلب توسط چرخه‌های جزر و مدی تقویت می‌شوند [1]. در صورت وقوع سیل علاوه‌بر خسارت‌های جانی از نظر مالی نیز آسیب‌های زیادی به شهرها وارد می‌شود. به‌طور متوسط تا سال ٢٠٠٥ در ١٣٦ شهر ساحلی بزرگ سالانه ٦ میلیارد دلار خسارت سیل در جهان گزارش شده‌است که پیش‌بینی می‌شود تا سال ٢٠٥٠ تنها از طریق تغییرات اجتماعی و اقتصادی به ٥٢ میلیارد دلار افزایش یابد [2]. در یک مطالعه [3] اخیراً نشان داده شد که افزایش ٤ درجه سانتی‌گرادی در دمای جهانی منجر به افزایش شدید خطر سیل (بیش از ٥ برابر از دوره پایه ١٩٧٦-٢٠٠٥) در کشورهایی می‌شود که تقریباً ٧٣٪ از جمعیت جهان و ٧٩٪ از تولید ناخالص داخلی جهانی را تشکیل می‌دهند.

یکی از مهم‌ترین انواع سیل، به‌دلیل افزایش حجم آب رودخانه و عدم وجود فضای کافی برای انتقال حجم آب به وقوع می‌پیوندد که از آن به‌عنوان طغیان یاد می‌شود. طغیان رودخانه‌ها یکی از مهم‌ترین خطرات طبیعی در جهان است که صدمات اقتصادی زیادی به‌همراه دارد و انتظار می‌رود این خطر در آینده افزایش پیدا کند. وقوع این اتفاق را می‌توان به عوامل مختلفی نسبت داد که تغییرات آب و هوایی، رسوب‌گذاری در رودخانه‌ها، تغییرات انسانی به‌وجودآمده در خاک و کاربری زمین و هم‌چنین عوامل اجتماعی و اقتصادی از جمله آن است [4]. طغیان رودخانه‌ها یکی از پرهزینه‌ترین بلایای طبیعی هستند که در حوضه رودخانه‌ها، دلتاها و مناطق ساحلی مشاهده می‌شود [5]. درباره وقوع طغیان و فرایندهای منجر به ایجاد سیلاب رودها مطالعات زیادی انجام شده که خصوصیات مختلف این نوع سیلاب‌ها را بیان کرده و تغییرات احتمالی آن‌ها هنگام وقوع را بیان داشتند [6-9].

---

* تاریخ دریافت مقاله ١٤٠٠/٩/٢٦ و تاریخ پذیرش آن ١٤٠١/٣/١ می‌باشد.

(١) نویسنده مسئول: استادیار گروه مهندسی عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران.　　**Email:** etemadfard@um.ac.ir

(٢) دانشجوی کارشناسی ارشد سیستم اطلاعات مکانی، گروه مهندسی عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران.

(٣) دانشجوی کارشناسی ارشد سیستم اطلاعات مکانی، گروه مهندسی عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران.

در زمینه مطالعات مشابه انجام شده داخلی می‌توان به پژوهش نگارش و همکاران [10] اشاره کرد که با استفاده از داده‌های بارش و دبی روزانه در یک دوره ۲۸ ساله شدت سیل‌خیزی حوضه کشکان را بررسی کردند که نتایج نشان داد روند تغییرات ضریب رواناب سالانه حوضه دارای رشد ۸٤ درصدی بوده‌است. زرگر و معصومی‌نژاد [11] با مطالعه بر روی رودخانه چناران بجنورد، کاربرد سامانه‌های اطلاعات مکانی (GIS) را در تعیین حد حریم و بستر رودخانه‌ها مورد بررسی قرار دادند و به پهنه‌بندی سیلاب در سطح این رودخانه پرداختند. در تحقیق دیگری اصلانی و مهدی‌پور [12] با به کارگیری GIS در پهنه استان تهران، به برنامه‌ریزی کاهش خطرپذیری سیلاب پرداختند. نتایج تحلیل داده‌های آن‌ها نشان می‌دهد آن‌چه باعث ایجاد ناامنی و خطر و مطرح شدن سیلاب ناشی از بارش به‌عنوان مخاطره و تهدید می‌شود، مکان‌گزینی نادرست و بی‌توجهی به حریم رودخانه‌ها و اشغال پهنه‌های سیل‌گیر توسط سکونت‌گاه‌هایی است که گاه به‌صورت غیرمجاز بنا شده‌است. فلاح زواره و همکاران [13] تأثیر عدم قطعیت توزیع مکانی بارش را بر روی مقدار دبی اوج سیلاب با استفاده از روش مونت کارلو مورد بررسی قرار دادند. هم‌چنین با استفاده از روش تحلیل حساسیت اثر تداوم بارش را بر روی میزان دبی اوج تحلیل کردند. نتایج آن‌ها نشان‌دهنده تأثیر عمده عدم قطعیت ورودی‌های مدل بر روی نتایج شبیه‌سازی مدل بارش رواناب است. در پژوهشی قوامی و محمدی‌نیا [14] به پیش‌بینی مکانی مناطق سیل‌خیز استان گیلان با استفاده از GIS و هفت پارامتر دما، رطوبت، بارش، ارتفاع، شیب، پوشش گیاهی و فاصله از رودخانه پرداخته‌اند. آن‌ها از روش رگرسیون معمولی، روش ضریب هم‌بستگی پیرسون و رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی استفاده کردند که روش آخر بهترین نتایج در پیش‌بینی مناطق سیل‌خیز ارائه نموده‌است.

هم‌چنین از مطالعات پیشین خارجی می‌توان به پژوهش زیوپی و همکاران [15] اشاره کرد که به مطالعه تأثیر سیلاب بر سازه‌های شهری در شهر ساحلی بمبئی در هند پرداختند. آن‌ها با استفاده از نقشه‌های تغییرات پوشش سطح زمین و کاربری اراضی، نقشه خطر سیل برای کاربری‌های اراضی مختلف را با مدل هیدرولیکی HEC-RAS تهیه کردند. نتایج نشان داد نقشه‌های پهنه‌بندی سیل توسط مدل HEC-RAS برای براورد سیلاب و خطر سیل بسیار مؤثر است. کالیانوپا و همکاران [16] در کارولینای شمالی با استفاده از چهارچوب مونت کارلو برای تجزیه‌وتحلیل عدم قطعیت پرداختند و نتایج نشان داد در مواقعی که از سازه‌های کنترل سیلاب استفاده می‌شود تا ۸۰/٤ درصد نسبت‌به وضع موجود کاهش خسارت مورد انتظار سالانه (EAD) را پیش‌بینی کردند. سنت– جورجز و همکاران [17] در فرانسه به‌منظور رتبه‌بندی منابع عدم قطعیت در مدل‌سازی خسارت سیل با تجزیه و تحلیل منابع عدم اطمینان از طریق زنجیره مدل‌سازی به ارزیابی عدم قطعیت با استفاده از روش مونت کارلو پرداختند و نشان دادند رتبه‌بندی عدم اطمینان بستگی به بخش اقتصادی (مسکن خصوصی، زمین کشاورزی، فعالیت‌های اقتصادی) دارد عدم قطعیت در منحنی عمق– خسارت قابل‌توجه است. وو و همکاران [18] مدل‌های هیدرودینامیک تک‌بعدی و دوبعدی را با GIS به‌صورت مکانی–زمانی به‌منظور شبیه‌سازی پویای ریسک‌های سیل تلفیق کردند. در این سامانه پشتیبانی تصمیم، یک مدل سه بعدی از ناحیه مطالعه و امکانات مهندسی هیدرولیک با استفاده از فناوری مدل‌سازی سه‌بعدی مبتنی بر تصویربرداری به‌سرعت می‌تواند ایجاد شود. مبتنی بر این چارچوب، یک پلتفرم داده‌های مکانی–زمانی چندمنبعی برای شبیه‌سازی‌های ریسک سیل برای مخزن ژیاشان در رود ویهه به‌عنوان مطالعه موردی توسعه یافت. نتایج ارزیابی مدل در مقاله وو و همکاران [18] نشان داد تلفیق مدل‌های هیدرودینامیک و GIS بازده شبیه‌سازی‌های ریسک سیل را برای پشتیبانی تصمیم هم‌چون شبیه‌سازی‌های بصری پویا و شبیه‌سازی‌های سیل شکست سد می‌تواند بهبود بخشد. مونیر و همکاران [19] یک مدل هیدرولوژیکی و یک مدل هیدرولیکی مبتنی بر براوردهای استخراج‌شده از GIS و سنجش از دور را به‌منظور شبیه‌سازی پاسخ جریان مسیل سیلابی به رویدادهای سیل‌های ناگهانی در پاکستان تلفیق ساختند. این مطالعه با استفاده از تلفیق تکنیک سنجش از دور و GIS پارامترهای هیدرولوژیکی مختلف را برای مدل‌ها در یک سطح پیکسل استخراج ساختند. تلفیق این مدل‌ها مشخص شد که توانایی شبیه‌سازی درجات و شرایط سیل‌های ناگهانی به‌طور دقیق‌تر را داراست. این دو مطالعه مشخص ساخت

تلفیق مدل‌ها با روش‌های تحلیل مکانی- زمانی بازده و دقت شبیه‌سازی‌های سیل را برای مدیریت سیل می‌تواند بهبود بخشد.

در تحقیق حاضر، به مطالعه ریسک‌پذیری مناطق اطراف رودخانه شط‌العرب واقع در شهرستان بصره کشور عراق پرداخته شد. این امر ابتدا با مطالعه مشخصات رودخانه و گرداوری داده‌های مورد نیاز که شامل عمق و عرض رودخانه در ۱۲ مقطع عرضی رودخانه بود، صورت گرفت و هم‌زمان داده‌های کاربری آن مناطق از طریق تصاویر ماهواره‌ای استخراج شد. از آن‌جا که این رودخانه به‌دلیل موقعیت مناسب و کاربردی، کاربری‌های مختلفی از جمله کشاورزی، مسکونی، صنعتی، اسکله، تجاری و پارک را در خود جای داده‌است، ضروری است مطالعات بیشتر برای شناسایی محدوده‌های پُرریسک و به‌دنبال آن اندیشیدن تدابیر مناسب به‌منظور حفظ ارزش‌های جانی و مالی صورت گیرد. از نوآوری‌های این تحقیق، تعیین معیارهای مورد نظر برای تخمین طغیان رودخانه است. پس از تعیین آن‌ها بایستی پهنه‌بندی حرایم رود براساس فواصل مشخصی انجام گردد که مشخص و معرفی کردن پنج کلاس برای نواحی حریم با میزان خطر متفاوت از دیگر موارد نوآوری این تحقیق است. در نهایت نیز ارزیابی و پهنه‌بندی خطر طغیان شط‌العرب در محدوده شهرستان بصره که از منظر کشاورزی، توزیع جمعیت و بندری محدوده‌ای بسیار ذی‌قیمت است، به‌عنوان مستندی در اختیار وزارت منابع آب عراق قرار خواهد گرفت تا برای اولین بار در آن کشور از این پهنه‌بندی برای تعیین راهکارهای مدیریتی و اجرایی مورد استفاده قرار بگیرد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش از لحاظ هدف کاربردی می‌باشد و منطقه مورد مطالعه آن حوضه رود شط‌العرب در محدوده شهرستان بصره عراق (به طول جغرافیایی ٤٧ درجه و ٢٦ دقیقه و ٢٩ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۱۷ ثانیه شمالی) می‌باشد. روش مورد استفاده در این پژوهش روش تحلیلی کمی و تفسیری مبتنی بر داده‌های پژوهش است. بعد از جمع‌آوری داده‌های مربوطه با استفاده از نرم‌افزارهای مختلف تحلیل‌های مکانی انجام می‌شود و سپس براساس اطلاعات حاصل شده تحلیل‌ها و تفسیرهای لازم بر روی نتایج انجام می‌پذیرد. با توجه به این‌که در پژوهش حاضر داده‌ها از طریق ابزارهای تحلیل کمی که روش‌های آماری و ریاضی برای جمع‌آوری داده‌ها هستند تهیه شدند از روش‌های کمی بهره گرفته شده‌است. داده‌های این تحقیق شامل کاربری‌های زمین در اطراف رود و مسیر رودخانه از تصاویر ماهواره‌ای احصا شده‌است و مشخصات هندسی رودخانه شامل عمق و عرض و ارتفاع رودخانه در مقاطع مختلف از نماینده وزارت منابع آب عراق در شهرستان بصره به‌دست آمده‌است. روش‌های به‌کار گرفته‌شده، تکنیک‌های تحلیل‌های مکانی در محیط GIS با استفاده از نرم‌افزارهای برنامه‌نویسی تعیین هم‌بستگی میان ارتفاع آب در ابتدا و انتهای شط‌العرب انجام شده‌است.

محدوده مطالعه

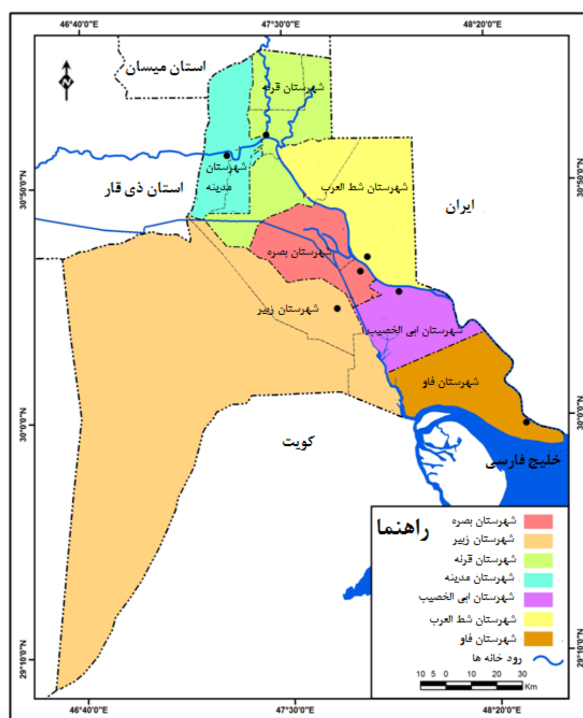
شهر بصره به‌عنوان بزرگ‌ترین بندر عراق در امتداد شط‌العرب ایجاد شده‌است و با جمعیت تقریبی ۳ میلیون نفر سومین شهر بزرگ کشور عراق و مرکز استان بصره است. بصره در ۵۵ کیلومتری خلیج‌فارس و در ٥٤٥ کیلومتری بغداد است. مناطق اطراف بصره دارای منابع مهم نفتی و هم‌چنین مناطق حاصل‌خیز کشاورزی است. شکل (۱) استان بصره به‌همراه شهرستان‌های آن را نشان می‌دهد.

رودخانه شط‌العرب یکی از مهم‌ترین منابع آب شیرین است که به خلیج‌فارس می‌ریزد که از تلاقی رودهای دجله و فرات در منطقه کرمهٔ علی تشکیل می‌شود. عرض جریان شط‌العرب بین ۲۰۰ متر تا بیش از ۲ کیلومتر است و عمق آن ۸ تا ۱۵ متر متغیر است. درازای این رود از قرنه تا ریزشگاه آن در خلیج‌فارس حدود ۱۹۰ کیلومتر است. ریزشگاه رود در میان شهر ایرانی اروندکنار و شهر عراقی فاو است. بصره، خرمشهر، آبادان، خسروآباد و فاو از جمله بندرهای مهم این آب‌راه هستند که نقش چشم‌گیری در رونق بازرگانی منطقه دارند. هم‌اکنون ۸۱ کیلومتر از ۱۷۵ کیلومتر طول این رود — از محل پیوستن نهر خین به این رودخانه تا مصب آن در خلیج‌فارس— مرز مشترک ایران و عراق به‌شمار می‌آید.

داده‌ها

به‌منظور بررسی خطر وقوع سیل در رودخانه شط‌العرب ابتدا نیاز به داده‌های معرفی‌کننده این رود شامل عرض رودخانه، ارتفاع و عمق در مقاطع مختلف است. مختصات دو سمت رودخانه در هر مقطع به‌همراه عمق و ارتفاع آب نسبت‌به سطح دریا از نماینده وزارت منابع آب عراق در شهرستان بصره و هم‌چنین برداشت‌های میدانی تهیه شده‌است. با استفاده از

مختصات دو سمت رودخانه، در نرم‌افزار ArcMap مشخصه عرض حاصل شده‌است. لایه‌های GIS مربوط به شهرستان بصره و مسیر رودخانه شط‌العرب نیز برای تحلیل‌های مکانی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و عملیات رقومی سازی تهیه شده‌است. جدول (۱) مختصات مقاطع مورد بررسی را به نمایش می‌گذارد.



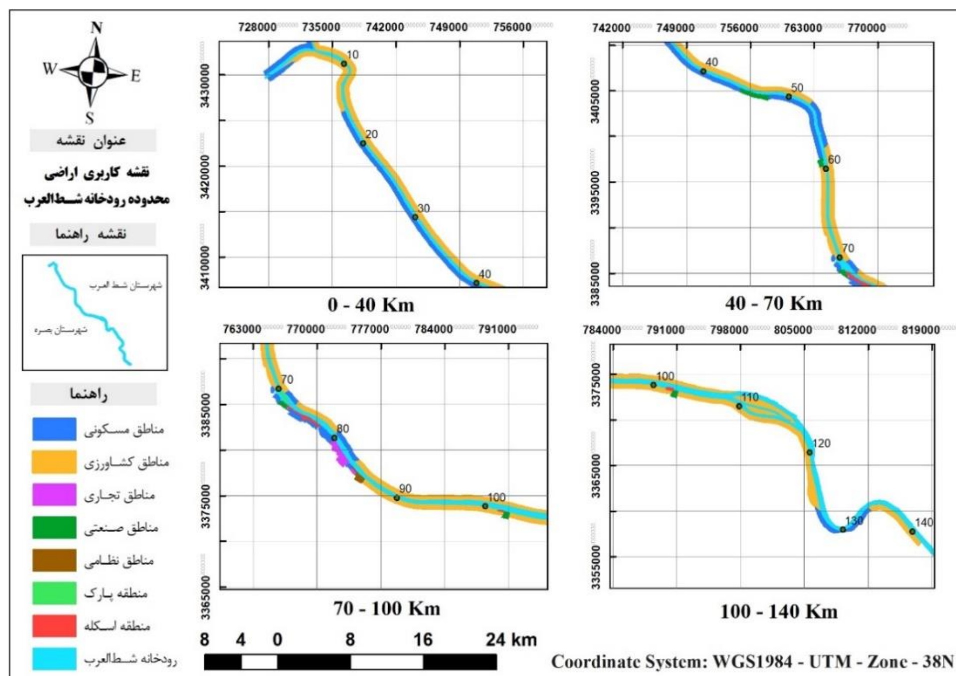
شکل ۱ نقشه استان بصره به‌همراه شهرستان‌های این استان

جدول ۱ مختصات ۱۲ مقاطع شط‌العرب مورد بررسی در پژوهش

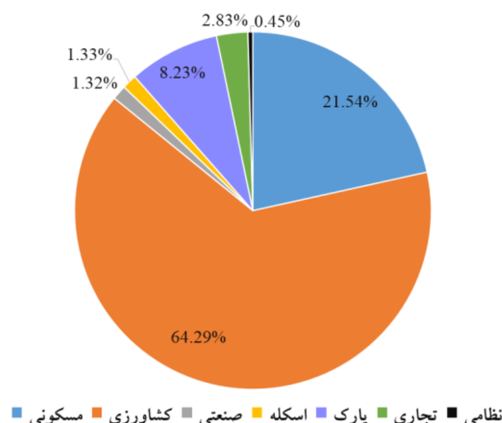
شماره مقطع	X_1	Y_1	X_2	Y_2
۱	۷۳۳۲۲۲	۳٤۳۲۵۸٤	۷۳۳۲۷۹	۳٤۳۲۷۰۳
۲	۷۳٦۸٦۰	۳٤۳۰۳۰۸	۷۳٦۹۷۱	۳٤۳۰۲۹٤
۳	۷۳۸۸٦٤	۳٤۲۱۹۱۵	۷۳۹۰۳۰	۳٤۲۲۰۳٤
٤	۷٤٦۰٦۳	۳٤۱۱٦٦۵	۷٤٦۲۵٤	۳٤۱۱۷۹۸
۵	۷۵۰۸٦٦	۳٤۰۷۳٤۰	۷۵۰۸۰۲	۳٤۰۷۱۹۱
٦	۷۵۸۳۷۲	۳٤۰٤٦۹۷	۷۵۸۳٦۵	۳٤۰٤۸۲۹
۷	۷٦٤۰۹۳	۳۳۹۷۵٦۱	۷٦٤۲۹۱	۳۳۹۷٦۰۵
۸	۷٦۸۳۷٦	۳۳۸٤۲٦۳	۷٦۸۲٦۱	۳۳۸٤۰٤٦
۹	۷۷۲۵۷٦	۳۳۸۰۳۰٤	۷۷۲۹۱۰	۳۳۸۰٤۹۲
۱۰	۷۷۹۷۸۹	۳۳۷٤۳۷۹	۷۷۹۸۷۹	۳۳۷٤٦٤۳
۱۱	۸۰۹۲۲۱	۳۳۵۷۹٤۸	۸۰۹۱٦۹	۳۳۵۸۱۷۸
۱۲	۸۱٤۹۹٤	۳۳۵۹۸٦۱	۸۱۵۳٤٤	۳۳٦۰۱۹۲

پیاده‌سازی

انجام تحلیل‌های مکانی مناسب وابسته به تعیین کاربری‌های اراضی اطراف رودخانه شط‌العرب است. به دیگر بیان از آن‌جایی که میزان صدمات ناشی از وقوع طغیان در مناطقی با کاربری‌های گوناگون یکسان نیست بایستی در طول مسیر رودخانه کاربری‌های اراضی تعیین گردد. این کار با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و رقومی کردن توسط نگارندگان انجام شده‌است و هم‌چنین پاره‌ای از موارد از بازدیدهای میدانی محاسبه شده‌است. با در نظر گرفتن هفت نوع کاربری مختلف که در اطراف رودخانه وجود دارند و شامل مناطق تجاری، نظامی، اسکله، پارک، صنعتی، کشاورزی و مسکونی می‌شود، شکل (۲) توزیع این کاربری‌ها را در اطراف رودخانه نشان می‌دهد. با توجه به مطالعات پیشین و خرابی‌های ناشی از سیل‌های گذشته فاصله ۵۰۰ متری اطراف رودخانه برای تعیین کاربری‌های اراضی مورد بررسی قرار گرفته‌است.



شکل ۲ کاربری‌های اراضی اطراف رودخانه شط‌العرب



شکل ۳ سهم هر کاربری از مساحت کل منطقه مورد مطالعه برحسب درصد

جدول ۲ شاخص‌های معرفی شده برای مقاطع رودخانه شطالعرب

شماره مقطع	عرض	عمق	حاصل‌ضرب عرض در عمق
۱	۱۳۲	۱۰/۷۵	۱۴۱۹
۲	۱۱۱	۱۰/۵۰	۱۱٦۵/۵۰
۳	۲۰٤	۱۱	۲۲٤٤
٤	۲۳۲	۱۱/۵۰	۲٦٦۸
۵	۱٦۲	۱۱/۵۰	۱۸٦۳
٦	۱۳۲	۱۲	۱۵۸٤
۷	۲۰۳	۱۲/۵۰	۲۵۳۷/۵
۸	۲٤۵	۱۵	۳٦۷۵
۹	۳۸۳	۱٤	۵۳٦۲
۱۰	۲۷۸	۹	۲۵۰۲
۱۱	۲۳٦	۱۳	۳۰٦۸
۱۲	٤۸۲	۲٤	۱۱۵٦۸

در شکل (۲) مشخص است که بیشتر مناطق اطراف رودخانه شطالعرب را کاربری‌های کشاورزی تشکیل می‌دهد. این زمین‌ها تقریباً در تمام طول مسیر رود وجود دارند. مناطق مسکونی پس از مناطق کشاورزی بیشترین سهم زمین‌های اطراف رودخانه را به خود اختصاص می‌دهد که با توجه به امکان صدمه جانی در این مناطق در صورت بروز طغیان دارای اهمیت بسیار زیادی هستند. شکل (۳) سهم هر یک از کاربری‌های اطراف شطالعرب را از مساحت کل منطقه مورد مطالعه برحسب درصد نشان می‌دهد.

برای تعیین میزان خطرپذیری وقوع سیل در طول مسیر نیاز به انتخاب شاخص‌های مناسب است. با توجه به تأثیر مستقیم ابعاد هندسی هر مقطع از رود در گنجایش حجم آب عبوری، عرض و عمق رود به‌عنوان دو شاخص اولیه انتخاب می‌شود. از آن‌جایی که عمق و عرض به‌تنهایی نمی‌توانند شاخص مناسبی باشند لذا برای رسیدن به شاخصی قابل قضاوت از ضرب عرض و عمق در یکدیگر به‌عنوان شاخصی اصلی استفاده شده‌است. از طرف دیگر با توجه به توپوگرافی نسبتاً هموار در محدوده مطالعاتی این شاخص مبین ویژگی‌های موردنظر تحقیق است. جدول (۲) سه شاخص مورد استفاده برای ارزیابی میزان خطر را نشان می‌دهد. در پژوهش حاضر از شاخص حاصل‌ضرب عرض در عمق رودخانه برای ارزیابی میزان خطر طغیان شطالعرب استفاده شده‌است.

با فرض این‌که در بزرگ‌ترین سطح مقطع رودخانه، دقیقاً مساحت اشغال‌شده توسط آب، به اندازه شاخص سوم جدول (۲) باشد، می‌توان سایر مقاطع را از نظر خطر وقوع طغیان رودخانه ارزیابی نمود. به بیانی دیگر با در شرف سرریز بودن مقطعی با بیشترین گنجایش (مقطع شماره ۱۲) و قرار گرفتن آن در کلاسی با خطر طغیان بسیار کم، طبقه‌بندی سایر مناطق اطراف رود را می‌توان انجام داد. جدول (۳) دسته‌بندی خطرپذیری طغیان را براساس معیار تعریف شده، با نظر کارشناسان این زمینه کاری در ۵ کلاس نمایش می‌دهد. این ۵ کلاس با استفاده از نظرات خبرگان محلی انتخاب شده‌است. آن‌ها علاوه‌بر آشنایی بر توپوگرافی و مدل ارتفاعی زمین و ساختمان‌ها در محدوده مطالعاتی، سابقه طغیان رودخانه مورد نظر را نیز در نظر گرفته‌اند. نظرات آن‌ها در فرم‌های نظرسنجی جمع‌آوری‌شده و با میانگین‌گیری از کران‌های دسته‌ها محدوده‌ها تعیین شدند. کلاس‌بندی پیشنهادی، تنها برای این محدوده مطالعاتی با ویژگی‌های توپوگرافی، پوشش گیاهی و عوارض جغرافیایی قابل استفاده بوده و می‌تواند به‌عنوان معیاری جهت تحلیل‌های مکانی کاربری‌های اطراف رود استفاده شود. محققان بایستی برای نواحی دیگر شرایط و کلاس‌های خاص آن منطقه را در نظر گیرند.

جدول ۳ دسته‌بندی ارزیابی خطر وقوع طغیان

عنوان کیفی دسته خطرپذیری	مقدار شاخص سطح مقطع رودخانه (مترمربع)
بسیار زیاد	۱۵۰۰-۲۰۰۰
زیاد	۲۰۰۰-٤۰۰۰
متوسط	٤۰۰۰-۷۰۰۰
کم	۷۰۰۰-۹۰۰۰
خیلی کم	۹۰۰۰-۱۱۰۰۰

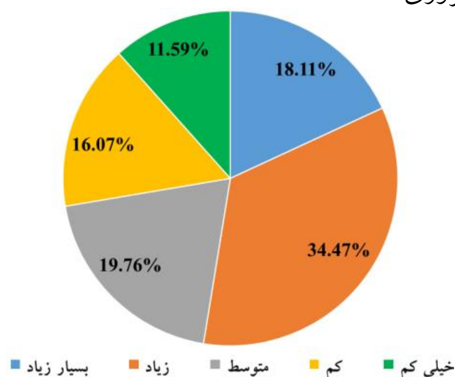
نتایج و بحث

استفاده از روش‌های تحلیلی مکان‌محور با استفاده از GIS برای استخراج نتایج مختلف از پژوهش‌های انجام‌شده، در کمک به فرایند تصمیم‌گیری مدیران و بهبود عملکرد در پیشگیری از خطر طغیان و صدمات بعدی آن بسیار تأثیرگذار است. در این تحقیق از نرم‌افزارهای متداول برای تحلیل‌های مکانی و آماری استفاده شده‌است. در محیط GIS تعداد هریک از کاربری‌ها که در کلاس‌های مختلف خطرپذیری وجود دارد، احصای گشته‌است. هم‌چنین جداول آماری و نمودارهای هریک از کاربری‌ها حاصل شده‌است. جدول (٤) نشان می‌دهد توزیع زمین‌های با کاربری کشاورزی در مناطقی با ریسک‌های مختلف به چه نحو است. از بین ۲۷ منطقه کشاورزی موجود در اطراف شط‌العرب ۳ منطقه در شرایطی با خطرپذیری بسیار زیاد است که مساحتی در حدود ۲٤۲۷ هکتار را دارا می‌باشد.

جدول ٤ توزیع آماری کاربری کشاورزی در خطرپذیری‌های مختلف برحسب هکتار

مناطق کشاورزی		
خطر	مجموع مساحت (هکتار)	تعداد
بسیار زیاد	۲٤۲۷	۳
زیاد	٤٦۲۰	۷
متوسط	۲٦٤۹	۷
کم	۲۱۵٤	٦
خیلی کم	۱۵۵٤	٤

شکل (٤) توزیع آماری محدوده‌های کشاورزی در دسته‌های مختلف خطرپذیری اطراف شط‌العرب را برحسب درصد نشان می‌دهد. دسته با عنوان خطرپذیری زیاد بیشترین مساحت را نسبت‌به سایر دسته‌ها در خود جای داده‌است. بیشتر از ۵۰ درصد مساحت زمین‌های این کاربری در مناطق مربوط به دو دسته اول خطر طغیان قرار دارند. همان‌طور که در جدول (٤) و هم‌چنین شکل (٤) نشان داده شده‌است، مساحت مناطقی موجود در خطر طغیان خیلی کم، نسبت‌به سایر دسته‌ها کمترین سهم را دارد. این مورد حاکی از آن است که در صورت بروز طغیان، بخش اندکی از زمین‌های کشاورزی اطراف شط‌العرب، از شانس مناسب برای در امان ماندن از آسیب‌های احتمالی برخوردار هستند. فلذا مدیریت و اطلاع‌رسانی صحیح قبل از وقوع حادثه در این کاربری امری ضروری است.



شکل ٤ توزیع آماری مناطق کشاورزی اطراف شط‌العرب برحسب درصد

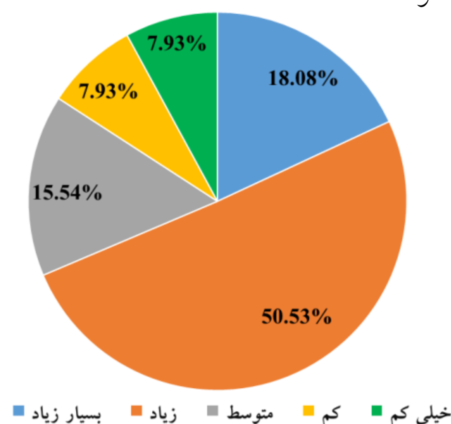
جدول (۵) نشان می‌دهد توزیع آماری زمین‌های با کاربری مسکونی در مناطقی با ریسک‌های مختلف به چه شکل است. از بین ١٤ منطقه مسکونی موجود در اطراف شط‌العرب ۲ منطقه در شرایطی با خطرپذیری بسیار زیاد است که مساحتی در حدود ۸۱۲ هکتار را دارا می‌باشد. شکل (۵) توزیع آماری محدوده‌های مسکونی در دسته‌های مختلف خطرپذیری اطراف شط‌العرب را برحسب درصد نشان می‌دهد. تنها دو منطقه مسکونی در اطراف شط‌العرب در مناطقی با خطرپذیر کم و خیلی

کم قرار گرفته‌است که در مجموع حدود ۱۶ درصد مساحت کل مناطق مسکونی اطراف رود است (شکل ۵). درحالی‌که بیش از ۵۰ درصد مساحت این کاربری در خطرپذیری زیادی قرار دارند.

جدول ۵ توزیع آماری کاربری مسکونی در خطرپذیری‌های مختلف برحسب هکتار

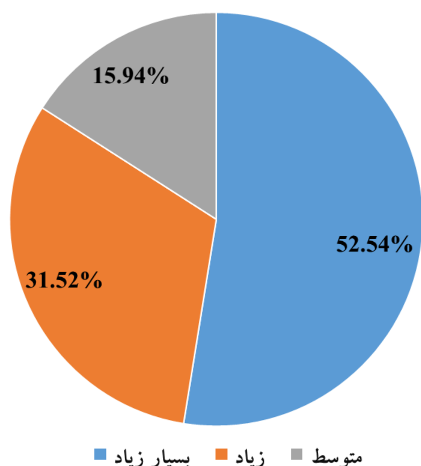
مناطق مسکونی		
خطر	مجموع مساحت (هکتار)	تعداد
بسیار زیاد	۸۱۲	۲
زیاد	۲۲۷۰	٦
متوسط	٦۹۸	٤
کم	۳۵٦	۱
خیلی کم	۳۵٦	۱

همان‌طور که در شکل (۵) مشخص است، بیشتر مناطق مسکونی در خطرهای زیاد و خیلی زیاد وقوع طغیان هستند. مناطق مسکونی اطراف شط‌العرب عموماً در نزدیکی شهرهای مهم اطراف رودخانه مانند بصره قرار دارد و باتوجه به این‌که در مناطق مسکونی تعداد افراد بیشتری زندگی می‌کنند، حتماً باید تدابیر لازم برای جهت جلوگیری از صدمات جانی و مالی اندیشیده شود.

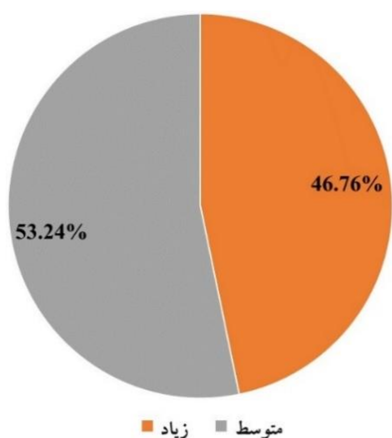


شکل ۵ توزیع آماری مناطق مسکونی اطراف شط‌العرب بر حسب درصد

شکل (٦) توزیع زمین‌های با کاربری صنعتی در مناطق با ریسک‌های مختلف وقوع طغیان را برحسب درصد نشان می‌دهد از بین چهار منطقه صنعتی موجود در اطراف شط‌العرب یک منطقه در شرایطی با خطرپذیری بسیار زیاد است که مساحتی در حدود ۱٤۵ هکتار را دارا می‌باشد و بیش از ۵۰ درصد مساحت این منطقه را شامل می‌شود. از سه منطقه دیگر نیز که هریک مساحتی برابر دارند، دو مورد در خطر زیاد و یک مورد در خطر متوسط قرار دارد. مناطق صنعتی در خطرپذیری طغیان کم و خیلی کم قرار ندارند و این بدان معناست که در احداث مناطق صنعتی، توجه کافی به پدیده طغیان و احتمال بروز خسارات ناشی از وقوع آن نشده‌است.



شکل ٦ توزیع آماری مناطق صنعتی اطراف شط‌العرب بر حسب درصد



شکل ۷ توزیع آماری مناطق اسکله اطراف شط‌العرب بر حسب

منطقه اسکله رودخانه شط‌العرب از نظر موقعیت مکانی به‌صورت پراکنده نیست اما در دو دسته خطر زیاد و متوسط قرار گرفته‌است. این منطقه به‌دلیل کشتی‌رانی در شط‌العرب دارای اهمیت بالایی است و جز مناطق استراتژیک محدوده مورد مطالعه است که حفاظت از آن در برابر طغیان اهمیت بالایی دارد. شکل

(۷) توزیع آماری کاربری اسکله در دسته‌های مختلف خطرپذیری را برحسب درصد نشان می‌دهد.

درصد تنها یک پارک با مساحت ۱۷۱۵ هکتار در محدوده مورد مطالعه وجود دارد که در بخش خطر طغیان زیاد قرار دارد. به‌علت موقعیت خاص این پارک که در میان رود قرار گرفته‌است، باید با پیش‌بینی زمان وقوع طغیان از تعطیل بودن پارک اطمینان حاصل نمود تا صدمات جانی به حداقل برسد.

هم‌چنین در بررسی کاربری تجاری مشخص می‌شود که تمامی مناطق تجاری محدود مورد مطالعه در کنار یکدیگر جمع شده‌اند، از نظر میزان خطر طغیان نیز در یک دسته قرار گرفته و دارای خطر متوسط هستند.

در نهایت منطقه نظامی شط‌العرب نیز با مساحت ٩٤ هکتار در بخش خطرپذیری خیلی کم قرار گرفته‌است که نشان از موقعیت مناسب آن دارد.

در جدول (٦) نمای کلی وضعیت هرکدام از کاربری‌های مجاور رود شط‌العرب به‌همراه مقدار مساحت دسته‌بندی شده و تحت خطر را نشان می‌دهد. با استفاده از این جدول امکان مقایسه بین خطرپذیری طغیان کاربری‌های مختلف فراهم است.

بخش بزرگی از مساحت مجاورت این رودخانه را مناطق با کاربری کشاورزی پوشش می‌دهند که در این میان، بیش از ۷۰ درصد مناطق این کاربری با مساحت حدود ۹۷۰۰ هکتار در طبقه میزان ریسک متوسط تا بسیار زیاد وقوع سیل قرار دارد. در صورت طغیان رود و جاری شدن سیل این مناطق بیشتر از سایر کاربری‌ها تحت تأثیر قرار خواهند گرفت. وقوع این رخداد، به زمین‌های زراعی و کشاورزی آسیب وارد می‌کند و کشت محصول و تأمین مواد غذایی مناطق اطراف را با مشکل روبه‌رو خواهد کرد. جدول (٦) توزیع آماری انواع کاربری‌ها با میزان خطرپذیری مختلف دومین کاربری از نظر میزان مساحت واقع در محدوده خطر، مناطق با کاربری مسکونی می‌باشند که حدود ٤۵۰۰ هکتار مساحت را تا شعاع ۵۰۰ متری رود تشکیل می‌دهند. از این مقدار مساحت، حدود ۳۸۰۰ هکتار در محدوده با میزان ریسک متوسط تا بسیار زیاد وقوع سیل قرار دارد. از میان کاربری‌های موجود، کاربری مسکونی از بالاترین میزان حساسیت برخوردار است به‌طوری‌که در اغلب مواقع صدمات وارد به آن جبران‌ناپذیر است. قرارگیری این میزان مساحت از کاربری مسکونی در محدوده پر ریسک وقوع سیل، می‌تواند خسارات جانی و مالی شدیدی به بار آورده و به تخریب منازل و اموال ساکنین مجاور منجر شود. با مقایسه میدانی مشخص شد که مناطقی با کاربری‌های مختلف که در نتایج حاصل، در دسته‌های خطرپذیری خیلی زیاد و زیاد قرار گرفته‌اند، در طغیان‌های گذشته بیشتر دچار صدمه شده‌اند.

نتیجه‌گیری

در حوضه رودخانه شط‌العرب واقع در استان بصره، باتوجه به این‌که روستاها، اراضی زراعی و تأسیسات احداث‌شده در حاشیه رودخانه همواره در معرض خطر طغیان سیل قرار دارند، ارزیابی و تحلیل مکانی نواحی مستعد طغیان رودخانه و تهیه نقشه پهنه‌های سیل‌گیر در این محدوده ضرورت دارد که این تحقیق سعی بر این داشته‌است برای اولین بار به تحلیل این منطقه بپردازد.

جدول ٦- توزیع آماری انواع کاربری‌ها با میزان خطرپذیری مختلف

میزان ریسک	مساحت به تفکیک کاربری (هکتار)						
	کشاورزی	مسکونی	صنعتی	اسکله	پارک	تجاری	نظامی
بسیار زیاد	۲٤۲۷	۸۱۲	۱٤۵	۰	۰	۰	۰
زیاد	٤٦۲۰	۲۲۷۰	۸۷	۱۳۰	۱۷۱۵	۰	۰
متوسط	۲٦٤۹	٦۹۸	٤٤	۱٤۸	۰	۵۹۱	۰
کم	۲۱۵٤	۳۵٦	۰	۰	۰	۰	۰
خیلی کم	۱۵۵٤	۳۵٦	۰	۰	۰	۰	۹٤

در این مطالعه با فرض به‌وجود آمدن جریانی که بزرگ‌ترین سطح مقطع رودخانه را کاملاً از آب پر کند، وضعیت طغیان رود در مقاطع دیگر بررسی گردید. این مقطع در دسته خطر طغیان بسیار کم جای داده شده و شاخص سطح مقطع رودخانه در مقاطع دیگر محاسبه شد. به‌کمک نتایج حاصل می‌توان دریافت که در کدام منطقه با چه کاربری میزان طغیان تا چه اندازه جدی و مخاطره‌آمیز است. در نتایج حاصل از تحقیق تمامی کاربری‌های موجود به‌همراه میزان مساحت آن‌ها در پنج طبقه کیفی خیلی کم، کم، متوسط، زیاد، خیلی زیاد دسته‌بندی شده‌اند؛ که هرکدام از این دسته‌ها نماد کیفی بازه معینی از شاخص سطح مقطع است.

نتایج این تحقیق نشان‌دهنده این است که GIS به‌عنوان ابزاری کارامد در تحلیل‌های مکانی نقش ایفا کرده‌است. با استفاده از GIS عرض مقاطع رودخانه مشخص شد و سپس با استفاده از عمق مقاطع که از قبل حاصل شده بود، سطح مقطع رودخانه به‌عنوان شاخص ارزیابی خطر طغیان به‌دست آمد. در گام بعدی با استفاده از این شاخص طبقه‌بندی خطر طغیان در محدوده ۵۰۰ متری از شط‌العرب انجام شد. استفاده اصلی GIS در این پژوهش در بررسی وضعیت قرارگیری کاربری‌های اطراف رود در هر یک از طبقات خطرپذیری طغیان شط‌العرب بود که به‌خوبی مساحت و تعداد مناطق هر کاربری در هر یک از طبقات خطرپذیری مشخص شد. کاربرد دیگر GIS در دسته‌بندی و بصری‌سازی کاربری‌های اطراف رودخانه بود. پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آتی میزان طغیان رودخانه با استفاده از روش‌های شبکه عصبی بررسی و برآورد گردد و از مدل‌های هیدرولیکی بهره گرفته شود. هم‌چنین وجود مدل رقومی ارتفاعی مناسب از محدوده مورد مطالعه سبب تدقیق نتایج می‌شود.

مراجع

1. Iqbal, U., Perez, P., Li, W., & Barthelemy, J., "How computer vision can facilitate flood management: A systematic review", *International Journal of Disaster Risk Reduction*, No. 53, p. 102030, (2021).
2. Mohanty, M. P., H, V., Yadav, V., Ghosh, S., Rao, G. S., & Karmakar, S., "A new bivariate risk classifier for flood management considering hazard and socio-economic dimensions", *Journal of Environmental Management*, 255, *109733*. doi:10.1016/j.jenvman.2019.10973, (2020).
3. Alfieri, L., Bisselink, B., Dottori, F., Naumann, G., Wyser, K., Feyen, L., Roo, A. De, de Roo, A., Salamon, P., Wyser, K., Feyen, L., "Earth’s Future Global projections of river flood risk in a warmer world", *Earth’s Futur*. 5, pp. 171–182, (2017).
4. Mel, R. A., Viero, D. P., Carniello, L., & D’Alpaos, L., "Optimal floodgate operation for river flood management: The case study of Padova (Italy)", *Journal of Hydrology: Regional Studies*, No. 30, p. 100702, (2020).
5. Gamble, D. W., & Meentemeyer, V. G., "A synoptic climatology of extreme unseasonal floods in the southeastern United States, 1950-1990*", Physical Geography*, No. 18(6), pp. 496–524, (1997).
6. Hirschboeck, K. K., "Hydroclimatically-defined mixed distributions in partial duration flood series. In Hydrologic frequency modeling: Proceedings", (1987).
7. Merz, B., Aerts, J., Arnbjerg-Nielsen, K., Baldi, M., Becker, A., Bichet, A., Nied, M., "Floods and climate: Emerging perspectives for flood risk assessment and management", *Natural Hazards and Earth System Sciences*, No. 14(7), pp. 1921–194, (2014).
8. Shareef, M., & Abdulrazzaq, D., "Civil Engineering Journal River Flood Modelling For Flooding Risk Mitigation in Iraq", *Civil Engineering Journal*. 7. 1702-1715. 10.28991/cej-2021-03091754. (2021).
9. Hirschboeck, K. K., "Future Hydroclimatology and the research challenges of a Post-stationary world", *Journal of Contemporary Water Research & Education*, No. 142(1), pp. 4–9, (2009).

10. Negaresh, H., Tavoosi, T., & Mahdinasab, m., "Investigating the severity of flooding in the Kashkan River catchment area", *Journal of Natural geography*, No. 4(13), pp. 49-58, (2011). (In Persian)
11. Zargar, M., Masominezhad, A., "The application of GIS in the studies of determining the boundaries and bed of rivers, a case study: the catchment area of Chenaran River", *The 4th Iran Water Resources Management Conference.*, Amirkabir university of technology, Iran, (2011). (In Persian)
12. Aslani, F., Mehdipour, H., "Planning for Flood Risk Reduction by Using GIS Technique in Tehran Province", *Disaster Prevention and Management Knowledge*, No. 5 (3), pp. 173-185, (2015). (In Persian)
13. Falahzavareh, F., Saghafian, B., Behzadian, K., "Estimation of the flood hydrograph using the SWMM model, taking into account the uncertainty of the spatial distribution of precipitation using the Monte Carlo method", *9th International Congress on Civil Engineering,* Isfehan, Iran, (2012). (In Persian)
14. Ghavami, Z., Mohammadinia, A., "Spatial prediction of flood prone areas using geospatial information system", *The 4th national conference on the application of GIS in the water and electricity industry*, Arak, Iran, (2017). (In Persian)
15. Zope, P.E. Eldho, T.I. Jothiprakash, V., "Impacts of urbanization on flooding of a coastal urban catchment: a case study of Mumbai City, India*", Journal of Natural Hazards, January 2015*, Vol. 75, Issue 1, pp. 887-908, (2015).
16. Kalyanapu, A. J., Judi, D.R., McPherson, T. N., "Monte Carlo-based flood modelling framework for estimating probability weighted flood risk", *Journal of Flood Risk Management*, No. 5(1), pp. 37-48, (2012).
17. Saint-Geours, N., Grelot, F., Bailly, J. S., Lavergne, C., "Ranking sources of uncertainty in flood damage modelling: a case study on the cost-benefit analysis of a flood mitigation project in the Orb Delta, France", *Journal of Flood Risk Management*, No. 8, pp. 161–176, (2015).
18. Wu, Y., Peng, F., Peng, Y., Kong, X., Liang, H. and Li, Q., "Dynamic 3D Simulation of Flood Risk Based on the Integration of Spatio-Temporal GIS and Hydrodynamic Models", *ISPRS Int. J. Geo-Inf.,* No. 8, p. 520, (2019).
19. Munir, B.A., Ahmad, S.R., Hafeez, S., "Integrated hazard modeling for simulating torrential stream response to flash flood events", *ISPRS Int. J. Geo-Inf.*, 9, (2019).